

# Frezarka

*Pomysł na własną maszynę sterowaną numerycznie pojawił się po jednym z zajęć na uczelni. W pierwszej fazie zapoznaliśmy się z ogólną problematyką sterowania numerycznego maszyn. Następnie staraliśmy się wykorzystać te wiadomości na „żywym organizmie”. W tym artykule opisano koncepcję najlepszą z punktu widzenia dostępnych narzędzi i wiedzy.*

Budowa maszyny musiała opierać się na konstrukcji skręcanej, by wyeliminować późniejsze odprężanie konstrukcji spawanej. Dodatkowo, powinna mieć minimalną liczbę elementów dorabianych w procesie obróbki skrawaniem.

Najlepszym typem konstrukcji uwzględniającej założenia jest konstrukcja kolumnowa. Stąd też jako „kręgosłupa” maszyny użyliśmy kolumny wiertarskiej z wiertarki polskiej produkcji WSA25. Jest ona znacznie bardziej wytrzymała od nowo wyprodukowanych kolumn dostępnych na rynku. Jej główną przewagą jest stabilność spowodowana głównie ciężarem i gabarytami maszyny. Maszyna została kupiona w ciemno. Była rozebrana na czynniki pierwsze i bez gwarancji działania. Po zweryfikowaniu zakupionych części okazało się, że pozyskana maszyna była kompletna.

## Część mechaniczna

Przebudowę maszyny rozpoczęliśmy od złożenia i uruchomienia wiertarki. Podzespoły oczyściliśmy z pozostałości smaru. Łożyska w układzie przeniesienia napędu zostały wymienione na nowe. Nowe łożyska wyeliminowały luzy w układzie przeniesienia napędu.

Układ przeniesienia napędu składa się z kół zębatach. Zmiana prędkości w tym typie maszyny jest skokowa i polega na ręcznej zmianie przełożenia. Prędkość obrotową można zmienić tylko wtedy, gdy silnik wiertarki jest zatrzymany.

Do naszego projektu obrabiarki sterowanej numerycznie wykorzystaliśmy 3-fazowy silnik indukcyjny, klatkowy. Jest to oryginalny silnik, zakupiony wraz z wiertarką (**fotografia 1**). Stojan silnika jest umieszczony w żeliwnym korpusie wiertarki. Konieczne było wyciągnięcie stojana w celu wyczyszczenia go oraz wydłużenia przewodów zasilających (**fotografia 2**).

Wygląd wiertarki przygotowanej do pierwszego uruchomienia pokazano na **fotografii 3**. Uruchomienie zakończyło się powodzeniem. Niestety z powodu nadmiernego nagrzewania się jednego z łożysk wału silnika konieczna była korekta jego położenia. Zakupiliśmy gotowy, żeliwny stół krzyżowy o wymiarach 240 mm×430 mm i posuwie



**Fotografia 1. Skrzynia przekładni zębataj**

### Wykaz modułów:

Zasilacz główny 32 V DC.....	1 szt.
Zasilacz pomocniczy 5 V DC+12 V DC.....	1 szt.
Płyta główna SSK-MB2.....	1 szt.
Sterownik silnika skokowego SSK-B12.....	3 szt.
Silnik skokowy SM 60/88-3008B 3,1 Nm.....	3 szt.
Transformator główny TTS600 24 V/25 A.....	1 szt.
Układ łagodnego startu transformatora.....	1 szt.
Licznik czasu pracy maszyny Kübler HK07.20...1	1 szt.
Wyłącznik elektromagnetyczny KOA1TD.....	1 szt.
Puszka przyłączeniowa silnika.....	3 szt.

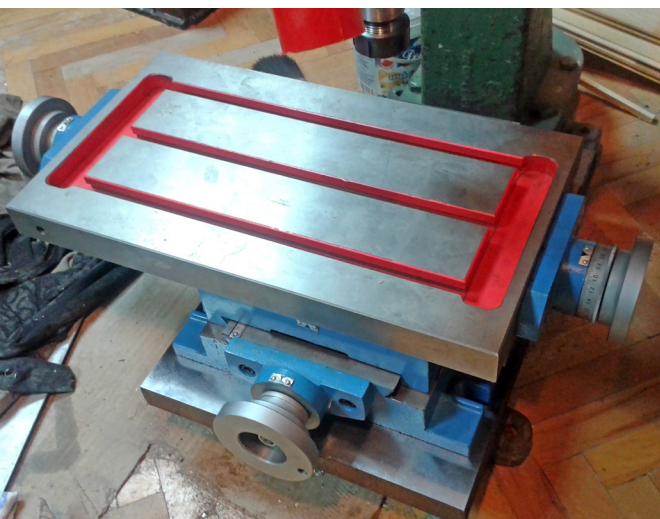


**Fotografia 2. Korpus z silnikiem indukcyjnym w trakcie czyszczenia**

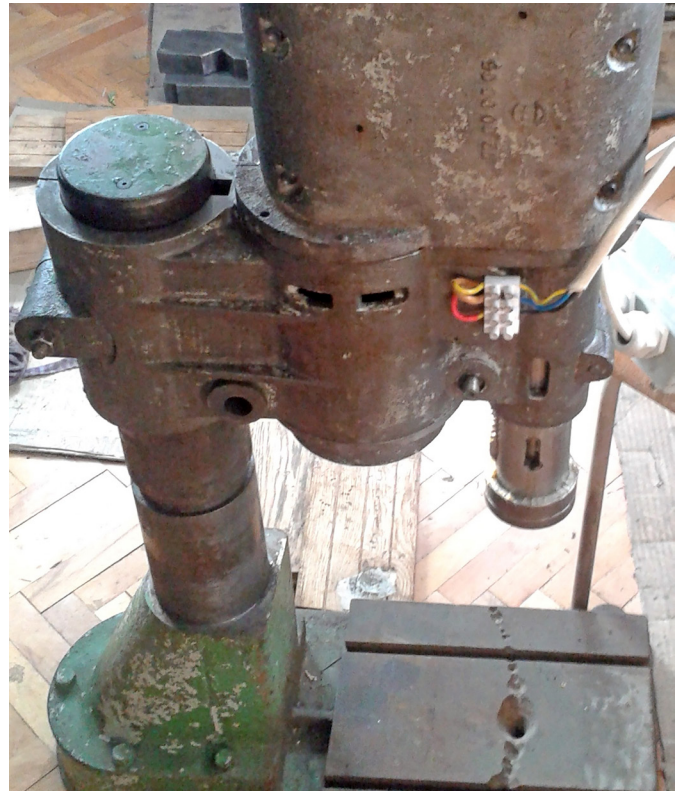
w osi X 225 mm a w osi Y 150 mm. Konieczne było dorobienie do niego podstawy umożliwiającej skrócenie stołu z konstrukcją wiertarki oraz mocowanie silników skokowych. Podstawę wykonano z blachy stalowej o wymiarach 300 mm×430 mm, która została poddana szlifowaniu. Blachę przykręciliśmy do wiertarki 4 śrubami M10. Następnie stół krzyżowy przekręciliśmy do blachy za pomocą 4 śrub M10. Zakup gotowego stołu podyktowany był ograniczonym dostępem do maszyn skrawających umożliwiających wykonanie go we własnym zakresie oraz ograniczeniem wydatków. Gotowy stół krzyżowy pokazano na **fotografii 4**.

Przeniesienie napędu z silników skokowych wykonaliśmy, wykorzystując zębate pasy synchroniczne M5 o szerokości 15 mm. Przełożenie tej przekładni wynosiło 4:1. Taki sposób przeniesienia napędu umożliwił wykorzystanie istniejących kół do mocowania kół zębatych (**fotografia 5**).

Łoże silnika zostało wykonane z kątownika aluminiowego poddanego obróbce. W kątowniku wytoczono otwór pod silnik oraz otwory



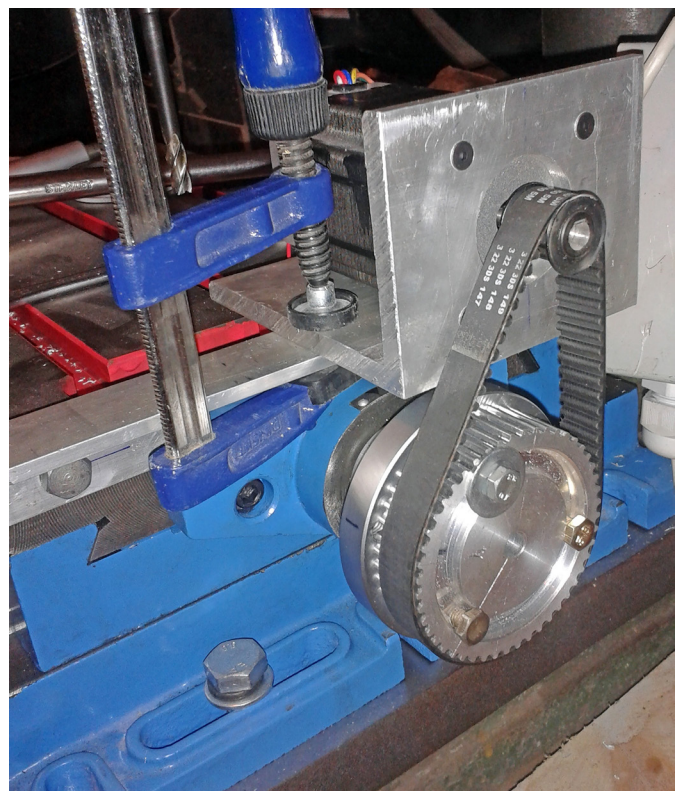
**Fotografia 4. Stół krzyżowy zamocowany do wiertarki**



**Fotografia 3. Wiertarka przygotowana do pierwszego uruchomienia**

jawkowe umożliwiające napinanie paska zębatego za pomocą silnika (**fotografia 6**).

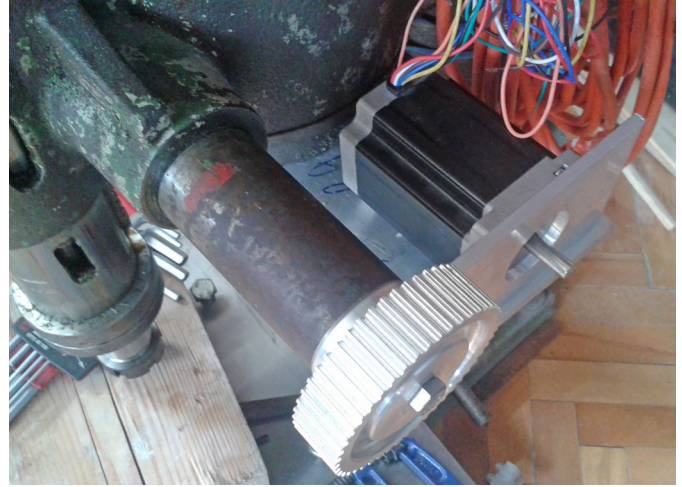
Posuw wrzeciona w osi Z wykonaliśmy, wykorzystując istniejący napęd ręczny wiertarki, uzbrajając go w silnik skokowy. Przełożenie napędu ręcznego wysuwające wrzeciono wykorzystuje przekładnię zębatą. Fabryczna rękojeść wiertarki została skrócona na tokarni, a w osi wałka został wykonany nagwintowany otwór centrujący koło pasowe, jak na **fotografii 7**.



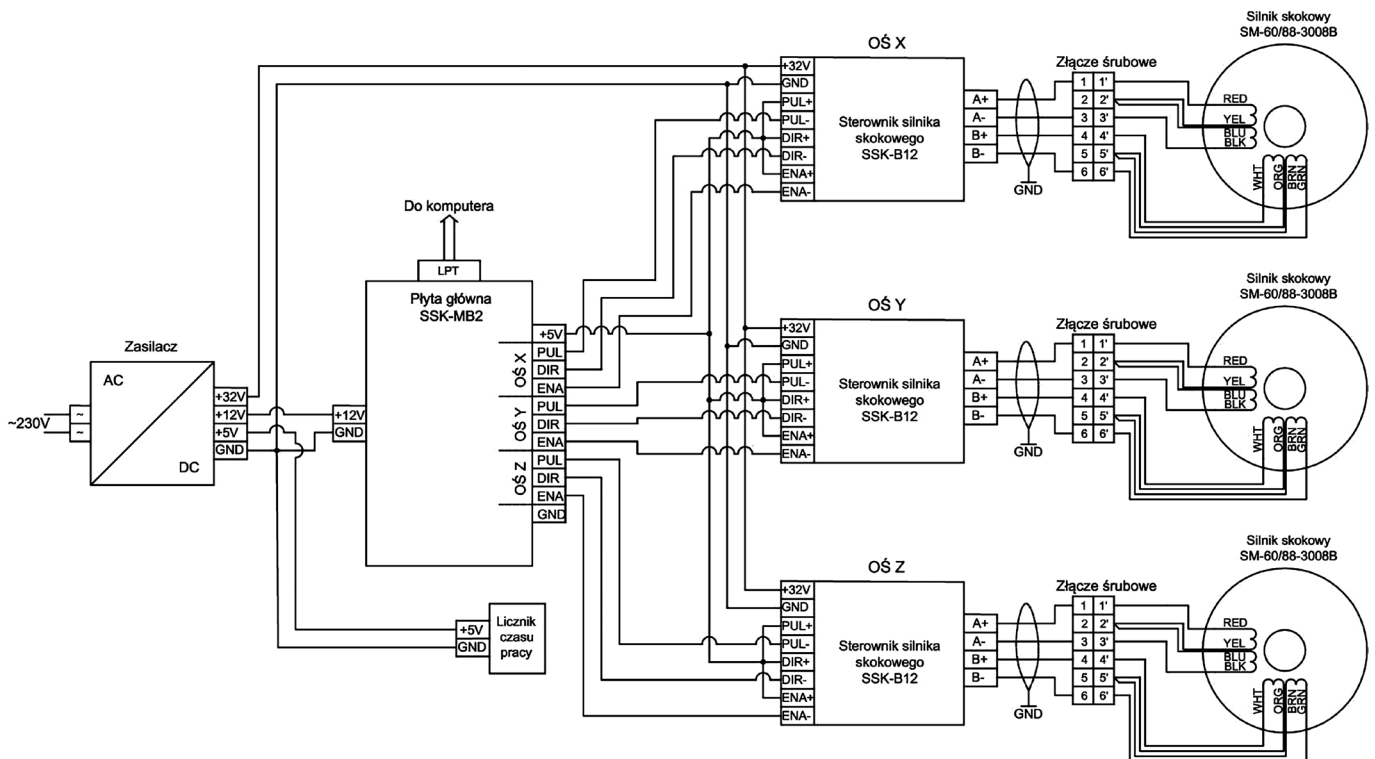
**Fotografia 5. Układ przeniesienia napędu**



Fotografia 6. Mocowanie silnika oraz koła zębatego



Fotografia 7. Mocowanie koła pasowego na skróconej rękojeści



Rysunek 8. Schemat blokowy obwodu sterowania

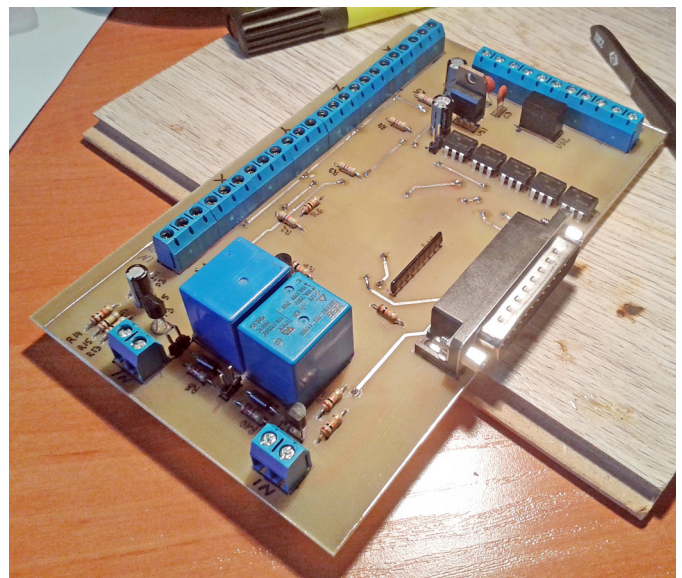
Elementem kończącym metamorfozę od strony mechanicznej było pomalowanie maszyny, co znacząco poprawiło estetykę pracy.

### Obwód sterowania

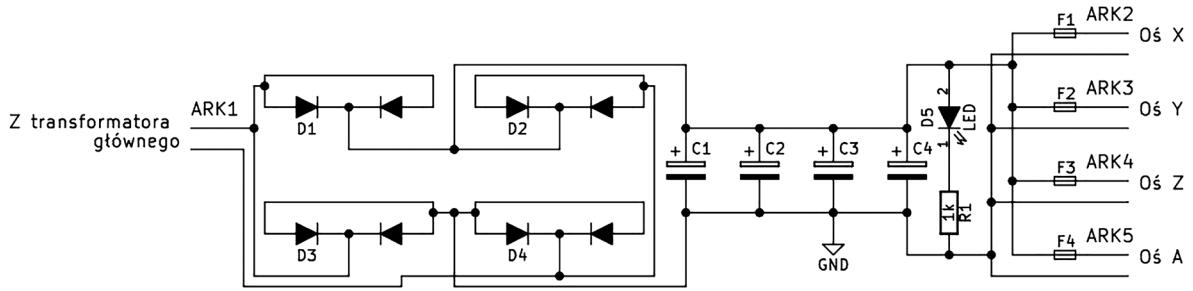
Schemat blokowy obwodu sterowania pokazano na **rysunku 8**. Składa się z płyty głównej (**fotografia 9**) pełniącej funkcję interfejsu komputera PC, zasilacza (**rysunek 10**, **rysunek 11**), trzech sterowników silników skokowych, trzech silników skokowych oraz licznika czasu pracy maszyny otrzymanej od redakcji „Elektroniki Praktycznej” na zasadach Klubu Aplikantów Próbek.

Płyta główna pełni funkcję interfejsu ułatwiającego przyłączenie sterowników silników skokowych do komputera PC. Wyposażono ją w dwa przekaźniki umożliwiające załączanie odbiorników zasilanych napięciem 230 V AC z poziomu programu np. pompę cieczy chłodzącej.

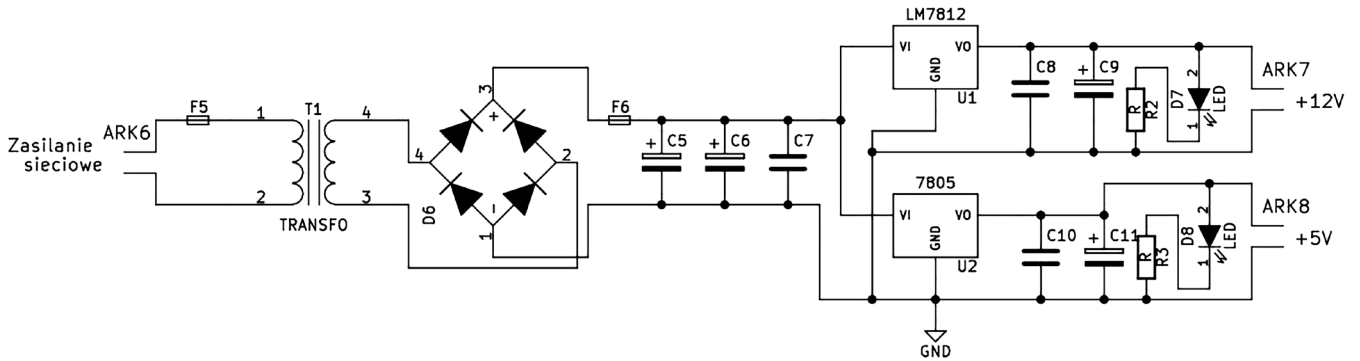
Zasilacz składa się z dwóch osobnych obwodów drukowanych. Pierwszy z nich (rys. 10) służy do zasilania sterowników silników skokowych – na zaciskach tego zasilacza występuje wyprostowane napięcie o wartości około 32 V. Złożono go z podzespołów pochodzących z demontażu. Mostek prostowniczy składa się z czterech



Fotografia 9. Wygląd płyty głównej



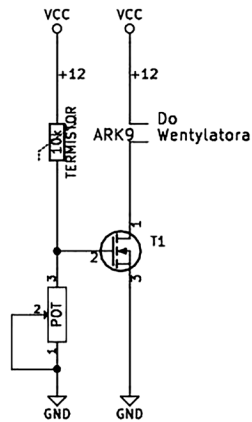
Rysunek 10. Schemat zasilacza głównego



Rysunek 11. Schemat zasilacza pomocniczego

podwójnych diod Schottky'ego MBR30100CT w obudowie TO220 (30 A/100 V). Cztery kondensatory elektrolityczne C1...C4 stanowią filtr pojemnościowy wygładzający tętnienia napięcia na wyjściu mostka prostowniczego. Dioda D5 informuje o obecności napięcia na wyjściu prostownika. Każda z osi jest zabezpieczona bezpiecznikiem 4 A. Układ zasilający przewiduje rozbudowę maszyny o czwartą oś (silnik obracający materiał obrabiany).

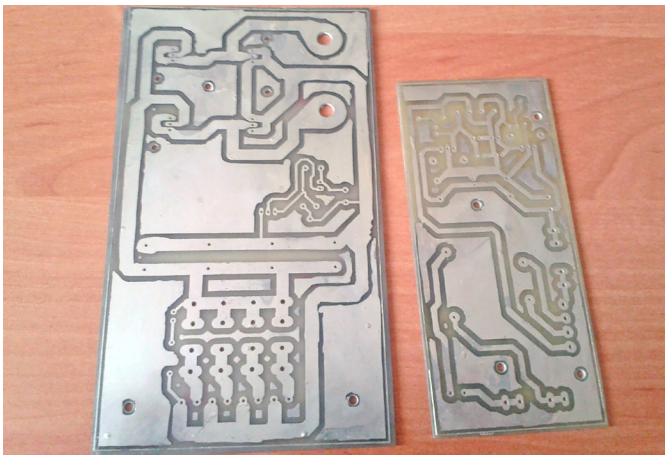
Drugi zasilacz (rys. 11) dostarcza napięcie +5 V oraz +12 V. Jest nim zasilana płyta główna oraz licznik czasu pracy maszyny. Źródłem napięcia o obniżonej wartości jest transformator TSZZ 18/005M o mocy pozornej 17 VA i napięciu wtórnym 12 V AC. Po wyprostowaniu uzyskujemy napięcie stałe o wartości około 17 V. Do stabilizacji napięcia użyto stabilizatorów liniowych typu LM7812 oraz LM7805. Diody LED D7 oraz D8 służą



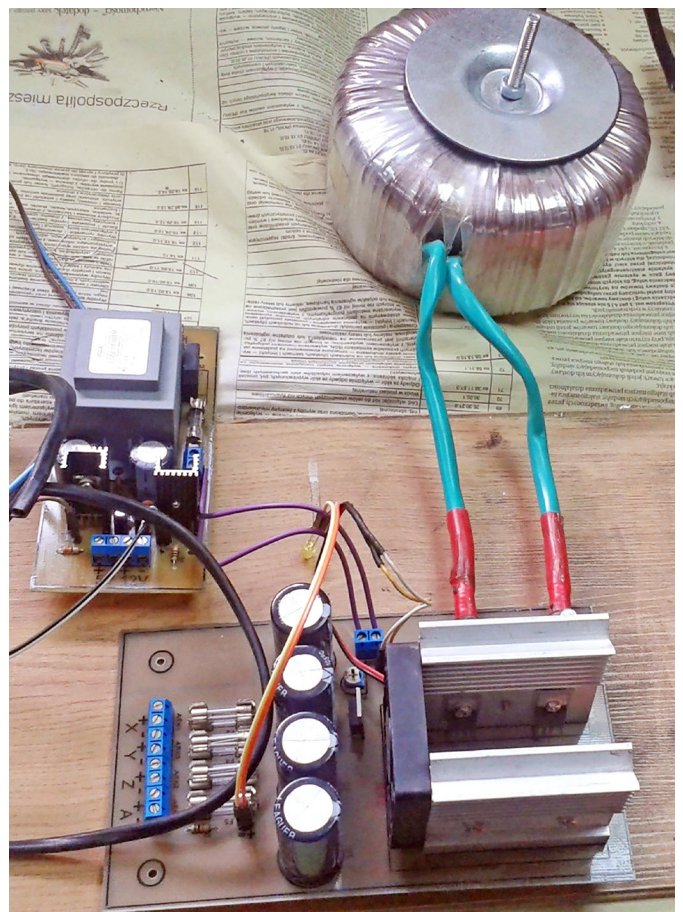
Rysunek 12. Schemat ideowy włącznika wentylatora

do sygnalizacji załączenia danego napięcia na panelu przednim szafy sterowniczej.

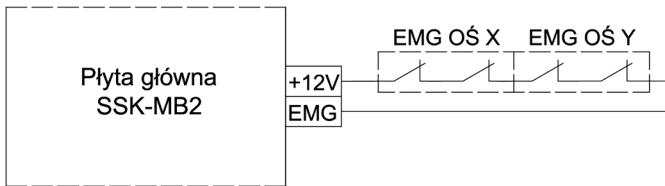
W trakcie uruchamiania głównego obwodu zasilania i obciążania go odbiorem rezystancyjnym (żarówka) wynika konieczność dodania wentylatora chłodzącego. Schemat ideowy sterującego nim układu pokazano na rysunku 12. Jest to nieskomplikowany regulator powodujący załączenie wentylatora przy wzroście temperatury



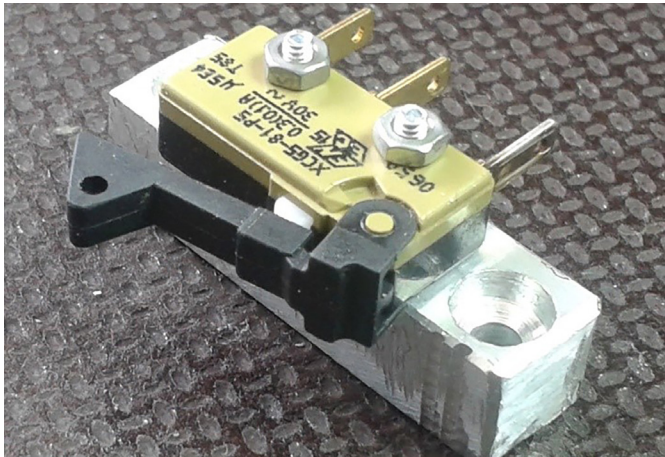
Fotografia 13. Wytrawione płytki drukowane zasilaczy



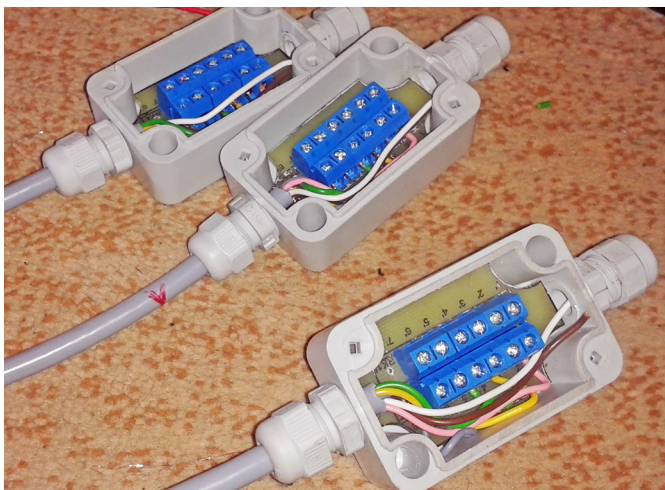
Fotografia 14. Zmontowane zasilacze



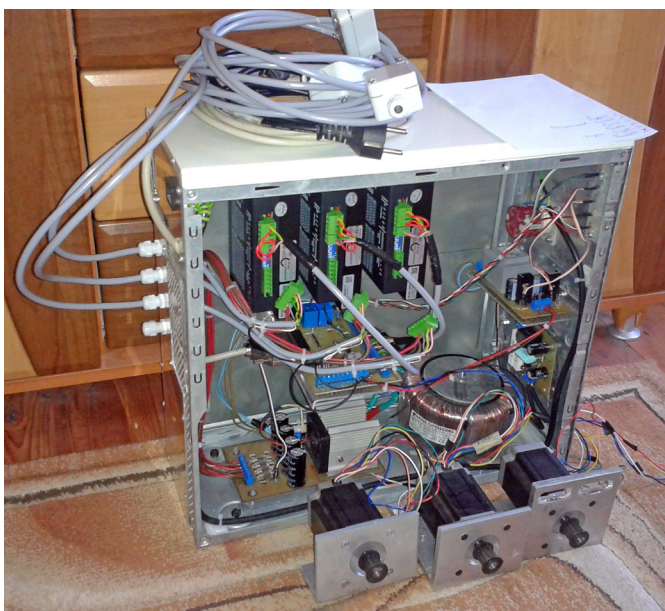
Rysunek 15. Schemat połączeń wyłączników krańcowych



Fotografia 16. Wyłącznik krańcowy przymocowany do bloku aluminium



Fotografia 17. Puszki przyłączeniowe silników



Fotografia 18. Szafa sterownicza



Fotografia 19. Panel szafy sterowniczej

mierzonej za pomocą termistora. Potencjometr POT służy do ustawienia progu temperaturowego, przy którym tranzystor T1 zaczyna przewodzić. Przewodząc, zasila wentylator komputerowy zapewniający chłodzenie płytki i jej komponentów. Wraz ze wzrostem temperatury maleje rezystancja termistora, w czego następstwie wzrasta prąd w dzielniku napięciowym. Wzrost prądu powoduje wzrost spadku napięcia na potencjometrze. Zastosowany tranzystor IRF540 ma napięcie  $U_{GS}=4,5\text{ V}$ .

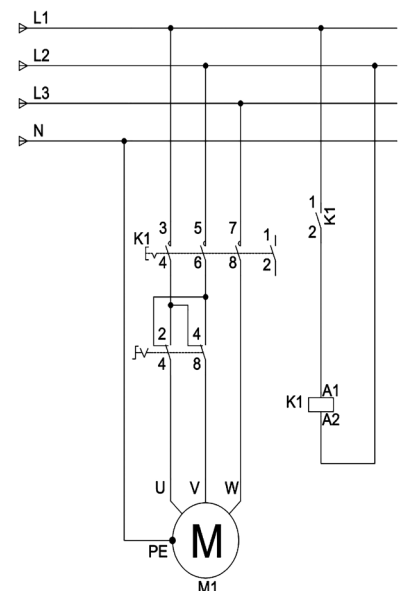
Obwody drukowane wykonano metodą „domową”. Powierzchnia ścieżek została pokryta cyną w celu zabezpieczenia i poprawy właściwości lutowniczych (fotografia 13). Na fotografii 14 zaprezentowano kompletne zasilacze. Z lewej strony znajduje się zasilacz obwodów sterowania, a na dole zasilacz sterowników silników. Do ich zasilania jest przeznaczony transformator toroidalny o mocy 600 VA oraz napięciu uzwojenia wtórnego 24 V.

### Obwód bezpieczeństwa – krańcówki

Wyłączniki bezpieczeństwa zamontowaliśmy na mechanizmie napędowym osi X i Y. Cztery wyłączniki krańcowe typu NC realizują iloczyn logiczny i zapewniają wyłączenie maszyny w razie błędu (rysunek 15). Również w wypadku mechanicznego uszkodzenia przewodu maszyna przestanie działać, ponieważ zadziała on jak krańcówka – dojdzie do rozłączenia obwodu bezpieczeństwa.



Fotografia 20. Precyzyjny elektromechaniczny licznik czasu pracy Kübler HK07.20



Rysunek 21. Obwód zasilania silnika trójfazowego frezarki

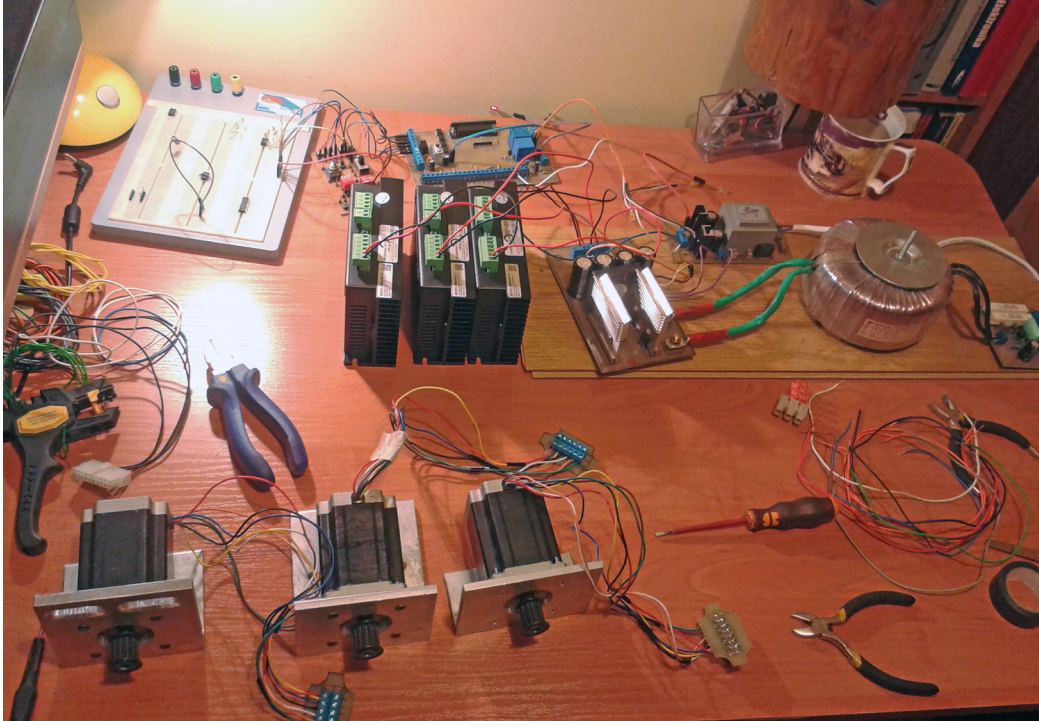
Zastosowano typowe wyłączniki krańcowe, takie jak np. są stosowane w automatach do kawy. Mają one dwa styki typu NC i NO. Na **fotografii 16** pokazano sposób zamocowania wyłącznika krańcowego do bloku aluminium ułatwiającego mocowanie na maszynie.

Na **fotografii 17** przedstawiono puszkę podłączeniową do silników skokowych. Puszki umieszczone są w bliskim sąsiedztwie silników. Do każdej z puszek instalacyjnych zakupiono i zainstalowano po dwie dławice oraz wykonano płytkę PCB ze złączami śrubowymi.

## Złożenie

Jako szafę sterowniczą przystosowano obudowę od komputera stacjonarnego. Przystosowanie polegało na zdemontowaniu zbędnego, wewnętrznego szkieletu metalowego. W obudowie zamontowano wszystkie podzespoły sterowania, jak przedstawiono (**fotografia 18**). Z uwagi na ciężar transformatora konieczne było jego zamontowanie na dole obudowy, co pozytywnie wpłynęło na stabilność całego urządzenia. Na panelu czołowym (**fotografia 19**) umieszczono diody sygnalizujące występowanie poszczególnych napięć zasilających oraz stan przekaźników na płycie głównej. Z prawej strony panelu znajduje się wyłącznik główny maszyny oraz licznik czasu pracy. Zastosowano 7-pozycyjny, elektromechaniczny licznik czasu pracy Kübler HK07.20 o napięciu zasilania 4,5...35 V DC otrzymany od redakcji EP (**fotografia 20**). Licznik załącza się w momencie włączenia zasilania maszyny, dzięki czemu umożliwia oszacowanie czasu działania poszczególnych podzespołów – ułatwi to późniejszą diagnostykę i serwis.

Panel czołowy wykonano z blachy aluminiowej. Dla pewności połączenia uziemiającego front został połączony przewodem żółto-zielonym z główną częścią obudowy. Obudowa jest trwale połączona z żółto-zielonym przewodem ochronnym. Schemat zasilania silnika indukcyjnego z sieci energetycznej pokazano na **rysunku 21**. Jego obwód wyposażono w wyłącznik elektromagnetyczny z zabezpieczeniem nadnapięciowym oraz z możliwością zmiany kierunku obrotów. Stycznik K1 jest załączany ręcznie. W momencie załączenia jest zwierany styk pomocniczy, przez który jest zasilana cewka stycznika K1. Zasilenie cewki stycznika K1 powoduje podtrzymanie zwarcia styków głównych stycznika K1. Jeżeli wartość napięcia cewki zmaleje do wartości minimalnej, cewka puści styki stycznika i obwód zostanie rozarty (zabezpieczenie podnapięciowe). Ponowne załączenie silnika jest możliwe po naciśnięciu zielonego przycisku, a nie

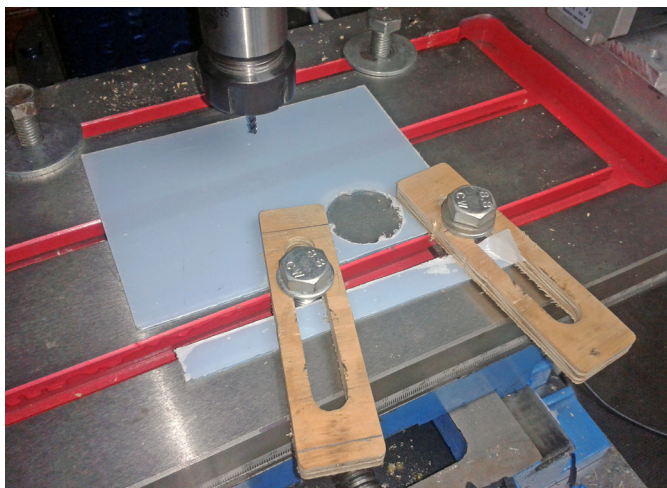


w momencie powrotu napięcia zasilającego. Zmiana obrotów silnika trójfazowego odbywa się poprzez zamianę przyłączenia dwóch faz zasilających silnik. Służy do tego wyłącznik dwupozycyjny z dwoma stykami normalnie zamkniętymi i normalnie otwartymi.

## Przykład pracy

Pierwsze próby przeprowadzono z wykorzystaniem kartki i pisaka. Polegały one na rysowaniu figur geometrycznych. Pozwoliło to na zapoznanie się ze sposobem sterowania maszyny. Wyznaczono orientację osi X i Y. Wylczyliśmy skalę narysowanych elementów oraz uwzględniliśmy ten współczynnik w programie, otrzymując skalę frezarki 1:1. Następnym etapem było uruchomienie wrzeciona i wyfrezowanie przypadkowych (łatwych) kształtów. Dla ułatwienia pracy zaprojektowano i wycięto za pomocą opisywanej frezarki łapy (**fotografia 22**) trzymające materiał. Wykonano je z materiału, który akurat był pod ręką, tj. ze sklejki. Etap frezowania pokazano na **fotografii 23**. Frezarka umożliwia również wycinanie w szkło akrylowym (potocznie zwanym plexi). Przeprowadzono również próby frezowania aluminium, ale z powodu braku chłodzenia efekt końcowy był niezadowolający. Stąd też w ramach następnego projektu zajmiemy się zaprojektowaniem i wykonaniem chłodzenia dla naszej maszyny. Niemniej maszyna bardzo przydaje się do wykonywania różnych detali i świetnie spełnia swoją funkcję, a z czasem przystosujemy ją również do innych prac.

Aleksandra Gaszyńska  
Jacek Dębniak



Fotografia 22. Łapy trzymające wycinany materiał



Rysunek 23. Etap frezowania łap